

(12) **Ausschließungspatent**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **228 096 A5**4(51) **G 05 D 3/00****AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 05 D / 269 054 7
(31) 8317595(22) 02.11.84
(32) 04.11.83(44) 02.10.85
(33) FR(71) siehe (73)
(72) Gaillet, Alain; Belleau, Patrick, FR
(73) Compagnie Francaise des Convoyeurs, 77500 Lagny, FR(54) **Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Führung von Fahrzeugen, insbesondere von fahrerlosen Elektrokarren**

(57) Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatischen Führung von Fahrzeugen zu schaffen, die sowohl eine sehr einfache Bildverarbeitung als auch kurze Berechnungen zur Bestimmung der Befehle für die Bewegung des Fahrzeugs ermöglicht. Zu diesem Zweck ist ein Elektrokarren mit einer Doppelkamera ausgestattet, deren zwei Leitwege mit zueinander senkrechten Polarisationsfiltern versehen sind. Ein Scheinwerfer erhellt das Gesichtsfeld der Kamera. Darin sind polarisiertes Licht retroreflektierende Leuchtmarkierungen aufgestellt. Durch eine Vorverarbeitung der zwei von der Doppelkamera gelieferten Bilder können darin die Leuchtmarkierungen durch Differenz wiedergefunden werden. In einer Lernphase wird eine Datenfolge der Leuchtmarkierungspositionen im Bild als Bezugspunkt im Speicher aufgezeichnet, danach vergleicht der Prozessor das laufende Bild mit einem der aufgezeichneten Bilder, was eine automatische Steuerung des Karrens auf einem von ihm erlernten Weg, der durch den Inhalt des Speichers definiert ist, ermöglicht. Fig. 7

Berlin, den 25. 1. 1985
64 604/13

Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Führung von Fahrzeugen, insbesondere von fahrerlosen Elektrokarren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur automatischen Führung von Fahrzeugen, insbesondere von fahrerlosen Elektrokarren.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Führung eines Fahrzeuges, wie beispielsweise eines Elektrokarrens, erfolgt meist mit Hilfe von Techniken, die von der "Schiene" angeregt wurden, ohne daß es jedoch zwischen dem Fahrzeug und der Führungseinrichtung zu einer körperlichen Berührung kommt. So wird ein erdverlegter Drahtleiter verwendet, auf dem das Fahrzeug durch induktive Ortung geführt wird. Ein anderes Verfahren besteht darin, auf dem Boden einen reflektierenden oder fluoreszierenden Farbstreifen anzubringen, den das Fahrzeug optisch erfaßt, um ihm zu folgen. Die erdverlegten Drahtleiteranlagen sind wenig flexibel, da jede Änderung des Weges der Fahrzeuge umfangreiche Arbeiten mit sich bringt. Der Farbstreifen ist seinerseits gegenüber Schmutz und anderen in einer industriellen Umgebung bestehenden Abnutzungen sehr anfällig. Diese beiden Verfahren geben somit keineswegs volle Zufriedenheit. In der FR-PS 2 495 797 ist ein System zur Führung durch optische Triangulation vorgeschlagen, in dem die zu erreichende Stelle unter Zuhilfenahme einer horizontalen "optischen Basis" mar-

kiert wird, die aus drei Retro-Reflektoren besteht, die an den beiden Enden bzw. in der Mitte dieser Basis angeordnet sind. Das Fahrzeug ist mit einem Scheinwerfer, der ein linear abgelenktes Strahlenbüschel aussendet, sowie mit Geräten zur Bestimmung der Zeitabstände zwischen dem Auftreten der von der Basis ausgesendeten Strahlen, das heißt der Winkelentfernungen der verschiedenen, vom Fahrzeug aus gesehenen Punkte der Basis, ausgestattet. Des weiteren ist man auch in der Lage, ein Fahrzeug durch Verarbeitung der von diesem Fahrzeug aufgenommenen Bilder von der Umgebung zu führen. Aufgeladene Kameras übertragen Bilder von der Umgebung an eine Bildverarbeitungsanlage, durch die die Ortsbestimmung des Fahrzeugs durch Vergleich dieser Bilder mit vorher festgelegten Bezugskarten möglich ist. Aus den Vergleichen der Bilder leiten sich Betätigungen der Lenkorgane des Fahrzeugs ab, um die Überlagerung der Bilder zu erzielen und das anvisierte Ziel zu erreichen.

Dazu muß man über Datengroßraumspeicher, insbesondere zur Speicherung der Bezugskarten, verfügen. Für den Vergleich der erhaltenen Bilder mit den gespeicherten Bildern ist eine sehr langwierige Berechnung notwendig. Durch die Dauer dieser Berechnung verlangsamt sich die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs beachtlich.

Die beiden vorhergehenden Systemarten sind darüber hinaus gegenüber Schwankungen der Raumhelligkeit, die jederzeit auftreten können, anfällig.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die vorgenannten Nachteile des

Standes der Technik zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatischen Führung von Fahrzeugen zu schaffen, die sowohl eine sehr einfache Bildverarbeitung als auch kurze Berechnungen zur Bestimmung der Befehle für die Bewegung des Fahrzeugs ermöglicht.

Dazu schlägt die Erfindung zunächst ein Verfahren zur Führung eines unabhängigen Fahrzeuges vor, das für seine Ortung mit Bildaufnahmegeräten ausgerüstet ist, die im Vergleich zu mit dem Fahrzeug verbundenen Bezugsachsen in eine bekannte Richtung gelenkt sind. Erfindungsgemäß schließt dieses Verfahren mehrere Etappen ein, die darin bestehen:

- a) im Fahrbereich des Fahrzeuges eine Reihe von Leuchtmarkierungen vorzusehen, die polarisiertes Licht linear aussenden;
- b) an Bord des Fahrzeugs jede Aufnahme gesondert durch zwei verschiedene lineare Polarisationsfilter zu machen, jedesmal die beiden sich dabei ergebenden Bilder zu vergleichen und jedesmal einen Signalsatz der Positionen der Markierungen im Bild, ausgehend von ihrem Helligkeitsunterschied zwischen den beiden Bildern, zu bestimmen;
- c) in einer Lernphase das Fahrzeug einen Bezugsweg fahren zu lassen und die auf diesem Weg erhaltene Folge der Signalsätze der Markierungspositionen aufzuzeichnen;

- d) das Fahrzeug dann mit automatischer Steuerung fahren zu lassen, und zwar durch Vergleich des Markierungspositionssignalsatzes, den es jeden Augenblick erhält, mit der in der Lernphase aufgezeichneten Folge, und Fahren in einer Richtung, bei der sich die Abweichung zwischen dem Augenblickssignalsatz und dem Bezugssignalsatz der Markierungspositionen verringert.

Die Markierungen können mit Polarisationsfiltern ausgestattete Lichtquellen sein.

In einer vorzugsweisen Ausführungsform sind die Markierungen mit Polarisationsfiltern ausgestattete Retro-Reflektoren und das Fahrzeug ist mit einer Lichtquelle wie einem Scheinwerfer ausgestattet, der wie die Bildaufnahmegeräte ausgerichtet ist.

Vorzugsweise senden die Markierungen ein polarisiertes Licht aus, dessen Polarisationsebene zu einer vorherbestimmten Richtung, wie z. B. zur Vertikalen, parallel oder senkrecht steht, und von den beiden Polarisationsfiltern steht der eine parallel und der andere senkrecht zu dieser vorherbestimmten Richtung.

Für bestimmte Anwendungen kann die Bildaufnahme durch ein chromatisches Filtern des von den Markierungen ausgesendeten oder von diesen retroreflektierten Lichtes erfolgen.

Die in der Etappe c) vorgesehene Aufzeichnung und der in der Etappe d) vorgesehene Vergleich können entweder an Bord des Fahrzeuges oder an einem zentralen Führerstand erfolgen, zu dem die an Bord des Fahrzeuges verfügbaren Daten radioelek-

trisch oder auf einem anderen Weg übertragen werden.

In einer besonderen Ausführungsform schließt die Etappe d) die Berechnung der Abweichung zwischen dem tatsächlichen Weg des Fahrzeuges und dem Bezugsweg und die Steuerung der Antriebselemente des Fahrzeuges in der diese Abweichung verringern den Richtung ein. Jedoch können auch andere Rechenmethoden angewandt werden, wie weiter unten gezeigt wird.

Es empfiehlt sich, die Markierungen so anzuordnen, daß das Fahrzeug an jedem Punkt seiner Fahrzone mindestens zwei von ihnen sieht.

Noch spezieller erfolgen in der Etappe c) die Bildaufnahmen gemäß einer vorherbestimmten zeitlichen und räumlichen Staffelung auf dem Bezugsweg, wobei diese Staffelung in der Etappe d) reproduziert wird.

Diese Erfindung betrifft ebenfalls die Einrichtung zur Durchführung des weiter oben dargelegten Verfahrens.

Die Einrichtung besteht in der Hauptsache aus einer Vorrichtung, die an Bord des Fahrzeuges geladen wird und die sich aus Bildaufnahmegeräten, die mit Bildverarbeitungsanlagen sowie mit Rechengeräten und Geräten zur Steuerung des Fahrzeuges verbunden sind, zusammensetzt.

Nach einem ersten Kennzeichen der Einrichtung sind die Bildaufnahmegeräte zumindest teilweise in zwei optische Wege für dasselbe Bildfeld geteilt, schließen aber verschiedene Polarisationsfilter ein, wodurch für jedes Feld zwei verschiedene Bilder geliefert werden. Die Bildverarbeitungseinrich-

tungen bestehen aus Vorrichtungen zum Lesen der zwei so erzeugten Bilder, aus Geräten für ihre punktweise Differenzbildung und aus Geräten zur Verarbeitung der elektrischen Signale, die die Position der Leuchtpunkte, die sich aus der Differenzbildung der beiden Bilder ergeben, im Bildfeld darstellen, was ermöglicht, in der Umgebung polarisiertes Licht aussendende Markierungen zu erkennen. Die Rechenggeräte bestehen aus Speichern, die eine Datenfolge für die Positionen der Markierungen bei einer gewünschten vorherbestimmten Ortsveränderung des Fahrzeuges speichern können und so eingerichtet sind, daß sie die laufenden Positionsdaten der Markierungen und diese eingespeicherten Daten vergleichen können. Schließlich bewirken die Steuergeräte des Fahrzeugs dessen Ortsveränderung in einer Richtung, die eine repräsentative Größe der bei den obengenannten Vergleichen erhobenen Abweichungen minimiert.

Die erfindungsgemäße Einrichtung besteht aus dieser Vorrichtung und aus Markierungen, die polarisiertes Licht aussenden, entweder von gesonderten Energiequellen oder durch einfache Retro-Reflexion und Polarisation des Lichts, das von einem an Bord des Fahrzeugs eingebauten und in eine nahe der optischen Achse der Bildaufnahmegeräte liegende Richtung gelenkten Scheinwerfer ausgesendet wird.

Was den eigentlichen Aufbau der Einrichtung betrifft, so bestehen die Bildaufnahmegeräte in einer ersten Ausführungsform aus einem Objektiv, das von einer halbtransparenten Platte gefolgt ist, die das vom Objektiv erzeugte Bild durch zwei Polarisationsfilter, die gegeneinander in einem Winkel von 90° versetzt sind, auf zwei optoelektronische Bildschirme wirft.

In einer zweiten Ausführungsform bestehen die Bildaufnahme-
geräte aus zwei getrennten optischen Wegen, die jeweils
durch ein Objektiv gebildet werden, das das von ihm erzeugte
Bild auf einen dazugehörigen Bildschirm wirft, wobei jeder
optische Weg außerdem einen Polarisationsfilter einschließt.
Die beiden Polarisationsfilter sind so angeordnet, daß sie
gegeneinander in einem Winkel von 90° versetzt sind.

Die Bildabtasteinrichtungen bestehen aus zwei Röhren zur Bild-
abtastung durch Strahlaustastung. Nachdem die Bildabtastun-
gen der zwei Röhren synchronisiert wurden, errechnen die Ver-
arbeitungseinrichtungen die Differenz zwischen den Ausgangs-
signalen der zwei Bildabtaströhren. In einer Variante sind
die Ausgangssignale der Bildabtaströhren direkt Digitalsigna-
le, an denen die punktweise Differenzbildung erfolgt.

In einer vorzugsweisen Variante der Erfindung bestehen die
Bildabtasteinrichtungen aus zwei Zweirichtungsschaltungen
photosensibler Elemente, an deren Ausgängen die punktweise
Differenzbildung erfolgt.

Diese Erfindung betrifft weiterhin die Anwendung des Verfah-
rens und der Einrichtung, die weiter oben dargelegt wurden,
auf die Steuerung von fahrerlosen Elektrokarren.

In dieser Anwendung empfiehlt es sich, daß sich die Markie-
rungen in gleicher Entfernung vom Boden befinden und diese
Entfernung der Steuereinrichtung des Elektrokarrens bekannt
ist.

Obgleich verschiedene Formen ins Auge gefaßt werden können,
ist es am einfachsten, die Bildaufnahmegeräte und den Schein-

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel an Hand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1: ein Fahrzeug, wie einen Karren, der mit einem Peilgerät oder Aufnehmer ausgestattet ist, die Aufnahmen von der Umgebung machen;
- Fig. 2: schematisch eine erste Ausführungsform des optischen Teils des Peilgerätes;
- Fig. 3: schematisch eine zweite Ausführungsform des optischen Teils des Peilgerätes;
- Fig. 4: eine erste Ausführungsform des elektronischen Teils des Peilgerätes;
- Fig. 5: eine zweite Ausführungsform des elektronischen Teils des Peilgerätes;
- Fig. 6: eine dritte Ausführungsform des elektronischen Teils des Peilgerätes;
- Fig. 7: in Form eines Prinzipschemas die an Bord des Fahrzeugs geladenen Teile der erfindungsgemäßen Anlage;
- Fig. 8: die Hauptetappen der Lernphase;
- Fig. 8A bis 8C: verschiedene während dieser Lernphase erhaltene Bilder;
- Fig. 9: die Hauptetappen der Führungs-/Steuerungsphase des Fahrzeugs und

Fig. 9A. Bilder, die in verschiedenen Augenblicken der bis 9B: Führungs-/Steuerungsphase auf dem Bildschirm angezeigt werden.

In der Fig. 1 trägt ein Fahrzeug, wie ein Karren C, ein Peilgerät A. Dieses macht gemäß einem Feld F mit einer Zielachse V Aufnahmen von seiner Umgebung.

Die Baueinheit wird als in einer Draufsicht dargestellt angenommen. In der Umgebung befinden sich eine Reihe von Leuchtmarkierungen wie B1 bis B3, die in Richtung des Fahrzeugs C polarisiertes Licht waagerecht aussenden können. Die Leuchtfelder können ihrerseits Lichtquellen sein, die mit unabhängigen Speisequellen versehen sind oder auch durch Netzanschluß gespeist werden und natürlich mit Polarisationsfiltern ausgestattet sind. Eine vorzugsweise Variante besteht in der Ausstattung des Fahrzeugs C mit einem Scheinwerfer P, der die Zielzone des Peilgerätes A erleuchtet. Die Leuchtmarkierungen bestehen dann einfach aus Retro-Reflektoren wie Rückstrahlern, an denen in einer bestimmten, feststehenden Ebene ein Polarisationsfilm angebracht wurde. Neben den Leuchtmarkierungen B1 bis B3 können verschiedene Körper oder Hindernisse wie M1 und M2 angeordnet werden, die das Fahrzeug umfahren muß.

Das Fahrzeug selbst ist unabhängig, das heißt einerseits selbstfahrend und andererseits kann es mit automatischer Steuerung ohne Fahrer fahren.

Die Zielachse V des Peilgerätes ist in eine im Vergleich zu mit dem Fahrzeug verbundenen Bezugsachsen bekannte Richtung gerichtet. Im weiteren wird angenommen, daß diese Richtung feststehend ist und auf das Vorderteil des Fahrzeugs zeigt.

In der ersten, in der Fig. 2 veranschaulichten Ausführungsform wird die gesamte Szene, die sich dem Gerät A im Feld F bietet, durch eine halbtransparente Platte LSR halbiert. Diese Platte reflektiert einen Teil der Szene auf eine erste Kamera 10. Sie überträgt einen weiteren Teil der mit der Szene verbundenen Lichtausstrahlung auf eine zweite Kamera 20. Die Kamera 10 besteht, wie im Schema dargestellt, aus einem Polarisationsfilter P10, dem ein Objektiv OB10 und dann ein Bildschirm E10 folgen. Wenn sie in der Fig. 2 auch in unmittelbarer Nähe nebeneinander dargestellt sind, so sind diese Teile selbstverständlich in entsprechenden Abständen so angeordnet, daß das Objektiv OB10 auf dem Bildschirm E10 ein Bild von der Szene liefert.

Die Kamera 20 besteht ihrerseits ebenfalls aus einem Polarisationsfilter P20, gefolgt von einem Objektiv OB20 und dann einem Bildschirm E20, der das durch das Objektiv OB20 definierte Bild von der Szene empfängt.

Die Polarisationsfilter P10 und P20 sind zueinander senkrecht angeordnet, und einer von ihnen, hier das Filter P10, ist so ausgestattet, daß es die von den Leuchtmarkierungen B1 und B3 ausgesendete polarisierte Strahlung durchläßt. Dagegen läßt das Filter P20 praktisch keine Strahlung dieser Leuchtmarkierungen hindurch.

Die Kameras 10, 20 sind mit Bildabtastgeräten ausgerüstet, die verschieden ausgeführt sein können, wie weiter unten noch zu sehen sein wird. Was die Fig. 2 anbelangt, so wird angenommen, daß es sich um Fernsehkameras handelt, das heißt Kameras, in denen die auf den Bildschirmen E10 und E20 erzeugten Bilder von Bildabtaströhren, die auf der Grundlage

der Strahlaustastung (z. B. Vidicons) arbeiten, zerlegt werden.

Die elektrischen Ausgänge der beiden Kameras 10 und 20 werden an eine elektronische Peildatenverarbeitungseinrichtung 30 angeschlossen.

Nun sei auf die Fig. 3 Bezug genommen. Diese Fig. unterscheidet sich von der Fig. 2 dadurch, daß ein einziges, gemeinsames Objektiv OB vor der halbtransparenten Platte LSR angeordnet ist.

Bildabtaster 11 und 21 werden aus Bildschirmen E11 und E21 gebildet, die unter Berücksichtigung der Strahlteilung durch die halbtransparente Platte LSR so angeordnet werden, daß sie jeweils ein Bild von der gemäß dem Feld F beobachteten Szene empfangen.

Polarisationsfilter P11 und P21 sind jeweils vor den Bildschirmen E11 und E21 senkrecht angeordnet. Wie zuvor wird angenommen, daß das Polarisationsfilter P11 die polarisierte Lichtstrahlung der Leuchtmarkierungen B1 bis B3 hindurchläßt, während sie das Filter P21 nicht hindurchläßt.

In diesem Fall wird angenommen, daß die Abtastung der von den Bildschirmen E11 und E21 empfangenen Bilder mit Hilfe von photosensiblen Zweirichtungsnetzen erfolgt, obwohl auch andere Lösungen möglich sind. Die elektrischen Ausgänge dieser Netze werden jeweils an eine Peildatenverarbeitungsschaltung 31 angeschlossen.

Es sind Videokameras bekannt, die am Ausgang Analogsignale

ausgeben, und andere, anspruchsvollere, die direkt digitale Bildsignale ausgeben können.

Die Fig. 4 veranschaulicht die Schaltung 30 (oder 31) für den Fall, daß die Videokameras mit Analogausgabe arbeiten. Zwei Videokameras 10 und 20 werden von einer gemeinsamen Abtast-synchronisierungsschaltung 38 angesprochen. Diese Abtast-synchronisation bewirkt, daß die Bilder in jeder Kamera punktweise synchron abgetastet werden. Die von den beiden Kameras 10 und 20 simultan gelieferten Analogsignale werden dann an ein Substrahierwerk, wie z. B. einen Differentialverstärker 32, angeschlossen. Der Ausgang des Differentialverstärkers 32 wird mit einer Schaltung 34 verbunden, die die Positionen der Leuchtmarkierungen in der Bildebene in Abhängigkeit von den Informationen, die sie ebenfalls von der Abtast-Synchronisierungsschaltung 38 empfängt, bestimmt.

Für alle Bildpunkte oder "Pixels" der Videokameras, die nicht polarisiertem Licht wie dem von den Leuchtmarkierungen B1 bis B3 gesendeten Licht entsprechen, sind die Ausgaben der Videokameras annähernd identisch. Am Ausgang des Differentialverstärkers 32 tritt somit eine geringe oder keine Spannung auf und die Schaltung 34 zeichnet darüber keine Information auf.

Im Gegensatz dazu geben die beiden Kameras 10 und 20, wenn bei der vom Kreis 38 auferlegten Abtastung ein gleicher Pixel auf den beiden Bildschirmen abgelesen wird, der dem Bild einer der Leuchtmarkierungen B1 bis B3 entspricht, ganz verschiedene Ausgangssignale aus. Dadurch tritt hinter dem Differentialverstärker 32 eine hohe Ausgangsspannung auf. Diese Information wird von der Schaltung 34 benutzt und mit einer Zeitmessung vom Ausgang der Abtast-Synchronisierungsschaltung

38 kombiniert, um die Positionen dieser einer differentiellen Leuchtkraft unterworfenen Pixels in der Bildebene zu bestimmen. Mit diesen Positionen der Bilder der Leuchtmarkierungen B1 bis B3 in der Bildebene kann man auf einfache Weise die Winkelpositionen der Leuchtmarkierungen in Übereinstimmung bringen, wenn die Zielrichtung V und das Feld F des Peilgerätes A der Abbildung 1 bekannt sind.

Diese Positionsdaten können in der Schaltung 34 gespeichert werden und/oder an Schaltungen zur Weiterverarbeitung weitergeleitet werden, die eine vollständige Ortsbestimmung des Fahrzeugs, ausgehend von den erhaltenen Winkeldaten, ermöglichen.

Die Fig. 5 veranschaulicht eine Variante, ebenfalls auf der Grundlage von Videokameras, in der diese aber Digital-signale liefern. Die auf diese Weise von den Kameras 10 und 20 gelieferten Digitalsignale werden an einen numerischen Komparator 36 geleitet, der wie vorher der Differentialverstärker 32 arbeitet, um deutliche Differenzen zwischen den Ausgaben der Videokameras für denselben Bildpunkt zu erfassen. Wenn sie eine solche Differenz entdecken, leitet der Komparator ein Steuersignal an einen Bildspeicher 39, der die Zahlenkoordinaten der Position des betreffenden Pixels im Bild aufzeichnet. Wie zuvor kann der Inhalt des Bildspeichers 39 zu einer Weiterverarbeitung dienen.

Anstelle von Videokameras können die Bildabtastgeräte aus photosensiblen Zweirichtungsnetzen, wie z. B. sogenannten ladungsgekoppelten Elementen (CCD) bestehen, die im allgemei-

nen so ausgestattet sind, daß sie auf Befehl die an jedem Bildpunkt gesammelten Informationen wiedergeben, entweder mit Hilfe einer folgegebundenen Abtastung oder in Form einer Matrix-Adressierung. Es wurde angenommen, daß dies für die Fig. 3 der Fall ist.

Diese Variante wird in der Fig. 6 veranschaulicht. Eine Adressierungsschaltung 138 spricht die beiden photosensiblen Netze 11 und 21 an, deren Ausgänge jeweils an einen Differentialverstärker 132 angelegt werden. Je nach der Adressierung 138 geben die Netze Analoginformationen bezüglich der Bildleuchtdichte jedes Bildpunktes, die im Differentialverstärker 132 verglichen werden. Wenn von einer der Netze eine starke Überleuchtdichte im Vergleich zur anderen aufgezeichnet wird, wird am Ausgang des Differentialverstärkers 132 ein starkes Signal erzeugt. Dieses Signal kann direkt benutzt werden, entweder über eine Aufbereitungseinrichtung, z. B. einen Analog-Digital-Umsetzer 133, der an einen Bildspeicher 139 angeschlossen wird, der ebenfalls die Adressendaten von der Schaltung 38 empfängt. Der Speicher 139 dient zu Weiterverarbeitungen wie in den vorhergehenden Fällen.

Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß das Verfahren und das Gerät, die weiter oben beschrieben wurden, eine ausgezeichnete Unterscheidung der Leuchtmarkierungen wie B1 bis B3 ermöglichen, selbst unter sehr kontrastreichen Helligkeitsbedingungen. Es ist ebenfalls zu bemerken, daß die für diese Ortung verwendeten Aufnahmegeräte kein bewegliches Teil haben und somit insbesondere gegenüber mechanischen Erschütterungen des Fahrzeugs oder Karrens beim Fahren unempfindlich sind.

Es ist außerdem zu bemerken, daß die Bilddifferenzbildung in

allen Fällen rechnerabhängig bei gleichzeitiger Abtastung der zwei Bilder an den beiden Kameras erfolgt (dieses Wort wird jetzt im weiteren Sinne benutzt, der auch den Fall der photosensiblen Zweirichtungsnetze einschließt). In der Etappe der Abspeicherung werden nur die Leuchtmarkierungen, die durch ihre Positionen auf dem Bildschirm und im Bildspeicher gekennzeichnet sind, festgehalten.

Die Ortung des Fahrzeugs mit Hilfe einer Reihe von sehr unterschiedlichen Leuchtmarkierungen ist dann viel einfacher als in den Verfahren nach der alten Technik.

Fig. 7 veranschaulicht den Aufbau der Führungs-/Steuerungseinrichtung eines Fahrzeugs wie z. B. eines fahrerlosen Elektrokarrens. Der Block CA der Fig. 7 bezeichnet eine Doppelkamera, die in der beschriebenen Art unter Bezugnahme auf die Fig. 2 oder die Fig. 3 ausgeführt sein kann. Das Ausgangssignal wird an ein Aufbereitungsgerät PT angeschlossen, das den Schaltungen 30 oder 31 der Fig. 2 und 3 entspricht, und kann wie unter Bezugnahme auf eine der Fig. 4 bis 6 ausgeführt sein.

Ein Arbeitsspeicher MP wird mit einem Prozessor PR verbunden, an den auch ein Festspeicher MM, z. B. ein programmierbarer oder ein umprogrammierbarer Speicher angeschlossen ist. Dieser Speicher MM dient insbesondere zum Empfang der Programmierdaten sowie anderer stabiler Parameter, die für den Betrieb des Prozessors PR nützlich sind.

Der Prozessor PR kann darüber hinaus den schon genannten Scheinwerfer P sowie ein Kontrolldisplaygerät EC kontrollieren.

Schließlich verarbeitet der Prozessor PR alle Befehle des Fahrzeugs hinsichtlich der Richtung und gegebenenfalls hinsichtlich der Geschwindigkeit und leitet sie an ein in der Fig. 7 durch den Block CC gekennzeichnetes Gerät weiter.

Zunächst betätigt der Prozessor PR gemeinsam die Doppelkamera CA und den Scheinwerfer P. In der Hypothese, daß diese beiden Bauteile auf dem Fahrzeug beweglich sind, werden sie gemeinsam verlagert und der Prozessor PR muß ihre Positionen gegenüber dem Fahrzeug kennen.

Der Vorverarbeitungskreis PT leitet Digitalsignale bezüglich der Positionen der Leuchtmarkierungen im Bild an den Prozessor PR.

Auf die vorher beschriebene Art und Weise werden die Leuchtmarkierungen je nach ihren Lichtstärkeunterschieden zwischen den beiden von der Doppelkamera erzeugten Bildern erkannt.

In der Grundvariante der Erfindung wird angenommen, daß alle Leuchtmarkierungen die gleiche Polarisationsrichtung haben. Man kann jedoch auch anders verfahren. Insbesondere ist es für bestimmte Anwendungen von Nutzen, Leuchtmarkierungen mit waagerechter Polarisation und andere mit senkrechter Polarisation vorzusehen. Vom weiter oben beschriebenen Aufnahmegerät können sie im Vergleich zur Umgebung erkannt und zugleich danach unterschieden werden, ob die Polarisation waagerecht oder senkrecht ist. Beispielsweise, wenn man auf die Fig. 4 Bezug nimmt, hängt das Vorzeichen des vom Differentialverstärker 32 gelieferten Signals von der Polarisation ab.

Des weiteren kann es, wie vorher gezeigt, vorteilhaft sein, die Bildaufnahme durch ein chromatisches Filtern des von den Leuchtmarkierungen ausgesendeten Lichtes auszuführen, das dann monochromatisch sein kann.

Nun folgt die Bezugnahme auf die Fig. 9 sowie auf die Fig. 8A bis 8C.

Die Ausführung der Erfindung beginnt durch eine Lernphase, die in diesen Fig. schematisch dargestellt ist. In dieser Lernphase wird der Elektrokarren manuell in der mit Leuchtmarkierungen versehenen Umgebung entsprechend dem Weg, dem er folgen soll, mit Aktivierung der gesamten Aufnahmeeinrichtung (Doppelkamera, Scheinwerfer und Vorverarbeitung) gesteuert.

In dieser ersten Phase werden die Bilder der Leuchtmarkierungen in einer vorherbestimmten, nicht unbedingt gleichmäßigen zeitlichen Folge erfaßt, um in dem mit dem Prozessor PR gekoppelten Speicher MP gespeichert zu werden. Eine Variante besteht darin, diese Informationen, insbesondere radioelektrisch oder durch Infrarotstrahlung, an einen Außenrechner zu übertragen.

Neben den bereits erwähnten rein optischen Vorverarbeitungen kann es von Nutzen sein, zwischen der Bildaufnahme und der Speicherung der Leuchtmarkierungskoordinaten eine Zwischenstufe 81 der numerischen Bildverarbeitung auszuführen. Dadurch können tatsächlich viele Arten von Trugbildern ausgeschlossen werden, die nicht den polarisierten Leuchtmarkierungen entsprechen und somit nicht gespeichert zu werden brauchen.

Zugleich empfängt der Kontrollschirm EC das Bild, und eine entsprechende Darstellung wird in den Fig. 8A bis 8C gegeben.

So stellt das Bild 80A ein Trugbild in Form eines großen Fleckes dar, der offenkundig keiner der Leuchtmarkierungen entsprechen kann. Im Bild 81A der Fig. 8B wurde dieses Trugbild nach einer sehr einfachen Vorverarbeitung durch Messung der Größe des Fleckes beseitigt.

Das Bild 82A veranschaulicht auf einfache Weise die Messung der Koordinaten x und y jeder Leuchtmarkierung in dem Bild, das durch die Differenzbildung der zwei Bilder erhalten wurde, die jeweils den Aufnahmen durch senkrechte Polarisationsfilter entsprechen.

Es zeigt sich somit, daß der Speicher MP für jedes Bild und jede Leuchtmarkierung dieses Bildes ein Positionskoordinaten-Zahlenpaar x und y erhält. Dies erfordert nur eine sehr begrenzte Speicherkapazität, die nur von der Dichte der in der Umgebung an der Stelle, an der sich der Karren befindet, angeordneten Markierungen oder Kennzeichen abhängt.

Selbstverständlich empfiehlt es sich, daß die Anordnung der Leuchtmarkierung in der Umgebung des Karrens in Abhängigkeit von der für diesen vorgesehenen Fahrstrecke erfolgt.

Ebenso kann die Frequenz der Bildaufnahmen in der Übungsphase zeitlich und/oder räumlich fest sein (die Erreichung von beidem erfordert eine konstante Fahrgeschwindigkeit des Karrens in einer manuellen Lernweise). Es kann eine erweiterbare Frequenz in Abhängigkeit von der gewünschten Strecke, mit beispielsweise unterschiedlicher Informationsaufnahme auf

gerader Strecke und in der Kurve vorgesehen werden.

Am Ende dieser Lernphase kann das Fahrzeug mit automatischer Steuerung die von ihm "erlernte" Strecke fahren.

Bis dahin ist die automatische Steuerung immer noch viel einfacher als nach der alten Technik.

Es wird angenommen, daß der Karren zu Anfang an den Ausgangspunkt der Strecke, der er folgen soll, zurückgeführt wird. Er kann nun in jedem Augenblick einen Leuchtmarkierungs-Positionssignalsatz, den er durch sein Aufnahmegerät erhält, mit dem entsprechenden Signalsatz, so wie er in der im Speicher MP enthaltenen Aufzeichnung steht, vergleichen. Der Karren braucht dann nur in eine Richtung zu fahren, in der sich die Abweichung zwischen dem Augenblickssignalsatz der Leuchtmarkierungspositionen und dem entsprechenden Bezugssignalsatz verringert, um zu erreichen, daß der Karren den gewünschten Weg nimmt. Man wird bemerken, daß dies nicht unbedingt eine Bestimmung der Position des Fahrzeugs oder der Leuchtmarkierungen erfordert.

In der Praxis definiert der Prozessor PR Unterbrechungen, und für jede dieser Unterbrechungen beginnt die Etappe 90 mit dem Abruf des im Speicher MP enthaltenen erwarteten Bildes (Bild bedeutet ab jetzt die Koordinaten der Leuchtmarkierungen im laufenden oder erwarteten Bild). Die Etappe 91 besteht im Abruf der laufenden Bildinformationen wie der von der Vorverarbeitungseinrichtung PT gelieferten Informationen (nach Filtration eventueller Trugbilder). Die Etappe 92 besteht dann im Vergleich dieser zwei Bilder. Dies genügt, um das Fahrzeug in der Etappe 94, wie vorher gezeigt, zu steuern.

Es wird vorausgesetzt, daß dem Fachmann die Steuerung eines Elektrokarrens oder eines anderen Fahrzeugs auf der Grundlage von differentiellen Daten bekannt ist.

In bestimmten Fällen kann eine Zwischenetappe 93 ausgeführt werden, um die tatsächliche Abweichung zwischen dem effektiven Weg des Karrens und dem gewünschten Weg zu bestimmen.

Das Bild 90A, das im Prinzip auf dem Kontrollschirm EC angezeigt wird, stellt die Positionen der Leuchtmarkierungen, so wie sie im Speicher MP gespeichert sind, dar (Ende der Etappe 90). Das Bild 92A der Fig. 9B entspricht der Überlagerung der erwarteten Leuchtmarkierungspositionen, so wie sie aufgezeichnet sind (durch kleine Kreise markiert) und der tatsächlichen Leuchtmarkierungspositionen, so wie sie vom Aufnahmegerät gesehen werden (durch kleine Kreuze markiert).

Eine erste in der Etappe 92 anwendbare Vergleichsart besteht somit in einem direkten Vergleich "auf dem Bildschirm" (so wie im Speicher des Rechners dargestellt) zwischen dem erwarteten Bild und dem laufenden Bild und in der Steuerung der Lenkeinrichtung des Fahrzeugs, um diese zwei Bilder in Übereinstimmung zu bringen. Neben der Richtung kann auch auf die Geschwindigkeit Einfluß genommen werden. Wie gezeigt, ist es nicht notwendig, in diesem Fall die Position des Fahrzeugs im Vergleich zu den Markierungen zu bestimmen.

Anspruchsvoller kann dieses Verfahren durchgeführt werden, indem das Fahrzeug in einer Richtung gesteuert wird, die das Maximum einer Korrelationsfunktion zwischen dem gesehenen Bild und dem erwarteten Bild gewährleistet (was den Vorteil hat, viele Trugbilder einfach auszuschließen). Das Fahrzeug

kann auch in einer Richtung gesteuert werden, in der das Minimum einer vorherbestimmten Funktion der Abstände zwischen den gesehenen Leuchtmarkierungspunkten oder -positionen und den erwarteten Leuchtmarkierungspositionen erreicht wird. Diese Funktion kann vorteilhaft eine quadratische Funktion sein.

Ein anderes Vergleichsverfahren in der Etappe 92 führt über die Bestimmung der Position des Fahrzeugs im Vergleich zu den Markierungen. Es ist dann notwendig, in einem gegebenen Augenblick mindestens zwei Markierungen oder Kennzeichen gleichzeitig zu sehen. Diese Markierungen müssen sich in einem dem Prozessor PR bekannten Abstand vom Boden befinden. Dieser kann dann die Position des Fahrzeugs im Vergleich zu den Leuchtmarkierungen bestimmen und dann die Abweichung zwischen dem tatsächlichen Weg des Fahrzeugs und dem vorgeschriebenen Weg, den er erlernt hat. Die Richtung des Elektrokarrens und seine Geschwindigkeit werden dann verändert, um die Abweichung zwischen den Wegen zu minimieren und sie in Übereinstimmung zu bringen.

Selbstverständlich können die Algorithmen für die Steuerung noch weiterentwickelt werden, um beispielsweise einen glatten Übergang der Anschlußstrecken, eine bessere Lärmunempfindlichkeit usw. zu erreichen.

Die Unterbrechungen, die die gemeinsame Abfrage des Speichers MP und der Vorverarbeitungseinrichtung PT des Aufnahmegerätes bewirkt, können zum Beispiel bei jeder Radumdrehung des Fahrzeugs oder zu bestimmten und vom Nutzer festgelegten Zeitpunkten erfolgen, wobei diese Unterbrechungen intern oder

extern sein können. Zwischen zwei Unterbrechungen übernimmt der Prozessor PR die Steuerung des Fahrzeugs, wie oben beschrieben.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen befinden sich die Polarisationsfilter in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen (bezogen auf ein mit dem Bild verbundenes Bezugssystem). Es kann bei bestimmten Anwendungen auch anders sein, vorausgesetzt, daß durch die beiden Polarisationsfilter die Leuchtmarkierungen unterschieden werden können.

Überdies müssen natürlich die üblichen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, um zu verhindern, daß die von den Leuchtmarkierungen empfangenen polarisierten Lichtbündel durch den Lichtdurchlaßgrad und die Reflexion an der halbtransparenten Platte keine bedeutsamen Drehungen ihrer Polarisationsrichtung erfahren. Diese Änderungen der Polarisationsrichtung, die vom Einfallswinkel der Lichtbündel auf die Platte, also von der Winkelposition der Leuchtmarkierungen im Gesichtsfeld des Bildaufnahmegerätes abhängen, erzeugen auf den optoelektronischen Bildschirmen Helligkeitsschwankungen der repräsentativen Leuchtmarkierungspunkte. Um diese störenden Drehungen zu vermeiden, gibt es ein dem Fachmann bekanntes Verfahren, das darin besteht, eine halbtransparente Platte mit sehr geringem Drehvermögen und ein Objektiv mit ausreichend großer Fokaldistanz (z. B. 13 mm) zu wählen, die die möglichen Schwankungen des Einfallswinkels der Lichtbündel der Leuchtmarkierungen auf die halbtransparente Platte vermindern. Ein anderes Verfahren besteht darin, Helligkeitsschwankungen der repräsentativen Leuchtmarkierungspunkte auf den optoelektronischen Bildschirmen, wenn es welche gibt, durch punktweise Multiplikation des Wertes der von den Lesekreisen

der Bildschirme ausgegebenen elektrischen Signale mit Koeffizienten, die in einer Eichphase des Pfeilgerätes bestimmt wurden, zu korrigieren.

Schließlich ist diese Erfindung nicht auf Anwendungen auf der Erde begrenzt. Im Weltraum kann man beispielsweise die Markierung eines Zielobjektes mit Hilfe von erfindungsgemäßen Leuchtmarkierungen ins Auge fassen, um die Orientierung und/oder die Ortung eines Verfolgerflugkörpers bezüglich dieses Zielobjektes beträchtlich zu vereinfachen.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Führung eines unabhängigen Fahrzeugs, das für seine Ortung mit Bildaufnahmegeräten ausgestattet ist, die in einer im Vergleich zu mit dem Fahrzeug verbundenen Bezugsachsen bekannte Richtung gelenkt sind, gekennzeichnet dadurch, daß es die Etappen einschließt, die darin bestehen:

- a) im Fahrbereich des Fahrzeugs eine Reihe von Leuchtmarkierungen (B1-B3) vorzusehen, die polarisiertes Licht linear aussenden;
- b) an Bord des Fahrzeugs jedes Bild gesondert durch zwei verschiedene lineare Polarisationsfilter (P10, P20; P11, P21) aufzunehmen, jedesmal die dabei erhaltenen Bilder (30, 31) zu vergleichen und jedesmal einen Signalsatz für die Positionen der Leuchtmarkierungen im Bild, ausgehend von ihrem Helligkeitsunterschied zwischen den beiden Bildern, zu bestimmen;
- c) in einer Lernphase (80-82) das Fahrzeug gemäß einem Bezugsweg fortzubewegen, wobei die bei dieser Fortbewegung erhaltene Folge der Leuchtmarkierungspositionssignale aufgezeichnet wird;
- d) das Fahrzeug dann mit automatischer Steuerung (90-94) durch Vergleich des Leuchtmarkierungspositionssignalsatzes, den es in jedem Augenblick erhält, mit der in der Lernphase aufgezeichneten Folge fahren zu lassen, und dessen Fortbewegung in einer Richtung, in der die

Abweichung zwischen dem Augenblickssignalsatz und dem Bezugssignalsatz der Leuchtmarkierungspositionen vermindert wird.

2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Leuchtmarkierungen (B1-B3) mit Polarisationsfiltern ausgestattete Retro-Reflektoren sind, und dadurch, daß das Fahrzeug mit einer Lichtquelle wie einem Scheinwerfer (P) ausgerüstet ist, die wie seine Bildaufnahmegeräte ausgerichtet ist.
3. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Leuchtmarkierungen (B1-B3) in einer zu einer vorherbestimmten Richtung, wie z. B. zur Vertikalen, parallelen oder senkrechten Richtung ein polarisiertes Licht aussenden, und daß von den Polarisationsrichtungen der zwei Filter (P10, P20; P11, P21) die eine parallel und die andere senkrecht zu dieser vorherbestimmten Richtung ist.
4. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildaufnahme durch eine chromatische Filtration des von den Leuchtmarkierungen ausgesendeten Lichts erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß die in der Etappe c) vorgesehene Aufzeichnung und der in der Etappe d) vorgesehene Vergleich an Bord des Fahrzeugs erfolgen.

6. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 4, in dem das Fahrzeug Vorrichtungen zur Verständigung mit einem zentralen Führerstand einschließt, gekennzeichnet dadurch, daß die in der Etappe c) vorgesehene Aufzeichnung und der in der Etappe d) vorgesehene Vergleich nach Radioübertragung der Informationen am zentralen Führerstand erfolgen.
7. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die Etappe d) die Berechnung der Abweichung zwischen dem tatsächlichen Weg des Fahrzeugs und dem Bezugsweg und die Steuerung der Antriebselemente des Fahrzeugs in die diese Abweichung vermindernde Richtung beinhaltet.
8. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß in der Etappe a) die Leuchtmarkierungen so angeordnet sind, daß das Fahrzeug an allen Punkten seines Fahrbereiches mindestens zwei von ihnen sieht.
9. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß in der Etappe c) die Bildaufnahmen gemäß einer vorherbestimmten zeitlichen und räumlichen Staffelung entlang des Bezugsweges erfolgen und diese Staffelung in der Etappe d) reproduziert wird.
10. Vorrichtung, die an Bord des Fahrzeugs zu laden ist und aus Bildaufnahmegeräten in Verbindung mit Bildverarbeitungseinrichtungen sowie mit Rechengeräten und Geräten zur Steuerung des Fahrzeugs besteht, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildaufnahmegeräte zumindest teilweise in zwei optische Wege für dasselbe Bildfeld geteilt sind,

jedoch verschiedene Polarisationsfilter (P10, P20; P11, P21) einschließen, wodurch für jedes Feld zwei verschiedene Bilder geliefert werden, und daß die Bildverarbeitungseinrichtungen aus Vorrichtungen (10, 20; 11, 21) zum Abtasten der beiden so erzeugten Bilder, aus Vorrichtungen für die punktweise Differenzbildung (32; 16; 132) und aus Vorrichtungen (34; 39; 139) zur Verarbeitung der elektrischen Signale besteht, die die Position von Leuchtpunkten, die sich aus der Differenzbildung der zwei Bilder ergeben, im Bildfeld darstellen, wodurch in der Umgebung polarisiertes Licht aussendende Leuchtmarkierungen erkannt werden können, und daß die Rechengeräte aus Speichern (MP) bestehen, die eine Folge von Informationen bezüglich der Positionen der Leuchtmarkierungen bei einer gewünschten, vorherbestimmten Fortbewegung des Fahrzeugs aufzeichnen können und so eingerichtet sind (PR), daß sie zwischen den laufenden Positionsdaten der Leuchtmarkierungen und diesen eingespeicherten Daten Vergleiche anstellen können, und daß die Steuergeräte des Fahrzeugs (CC) letzteres in einer Richtung fortbewegen, in der eine repräsentative Größe der bei Vergleichen erhobenen Abweichungen minimiert wird.

11. Vorrichtung nach Punkt 10, gekennzeichnet dadurch, daß die Leuchtmarkierungen in eine vorherbestimmte Richtung linear ein polarisiertes Licht aussenden und von den Polarisationsfiltern (P10, P20; P11, P21) der eine annähernd parallel und der andere annähernd senkrecht zu dieser Richtung steht.

12. Vorrichtung nach einem der Punkte 10 oder 11, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildaufnahmegeräte aus einem Objektiv (OB) bestehen, gefolgt von einer halbtransparenten Platte (LSR), die das vom Objektiv erzeugte Bild auf zwei Bildschirme (E11, E21) wirft, und zwar durch zwei Polarisationsfilter (P11, P21), die jeweils in einem Winkel von 90° gegeneinander versetzt sind.
13. Vorrichtung nach einem der Punkte 10 oder 11, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildaufnahmegeräte aus zwei getrennten optischen Wegen (LSR) bestehen, die jeweils durch ein Objektiv (OB10; OB20) gebildet werden, das das von ihm erzeugte Bild auf einen dazugehörigen Bildschirm (E10; E20) wirft, und jeder optische Weg außerdem einen Polarisationsfilter (P10; P20) einschließt und die beiden Polarisationsfilter gegeneinander in einem Winkel von 90° versetzt sind.
14. Vorrichtung nach einem der Punkte 10 bis 13, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildabtasteinrichtungen aus zwei auf der Grundlage der Strahlenaustastung arbeitenden Bildabtaströhren bestehen.
15. Vorrichtung nach Punkt 14, gekennzeichnet dadurch, daß die Abtastungen der zwei Röhren synchronisiert werden und die Bildverarbeitungseinrichtungen die Differenz zwischen den Ausgangssignalen der beiden Bildabtaströhren ermitteln.
16. Vorrichtung nach Punkt 14, gekennzeichnet dadurch, daß die Ausgangssignale der beiden Bildabtaströhren in Digi-

talsignale umgeformt werden, an denen besagte Differenzbildung punktwiese vorgenommen wird.

17. Vorrichtung nach einem der Punkte 10 bis 13, gekennzeichnet dadurch, daß die Bildabtasteinrichtung aus zwei Zweirichtungsnetzen photosensibler Elemente besteht, an deren Ausgängen eine punktwiese Differenzbildung erfolgt.
18. Anwendung des Verfahrens und der Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Punkte zur Steuerung von fahrerlosen Elektrokarren.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen.

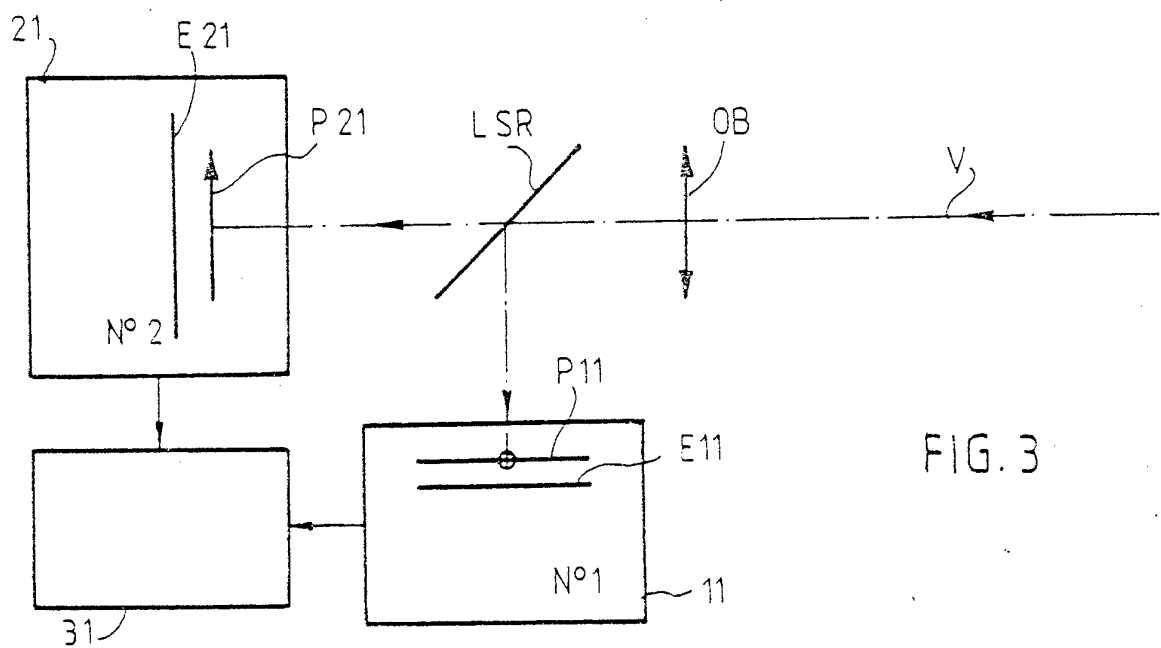
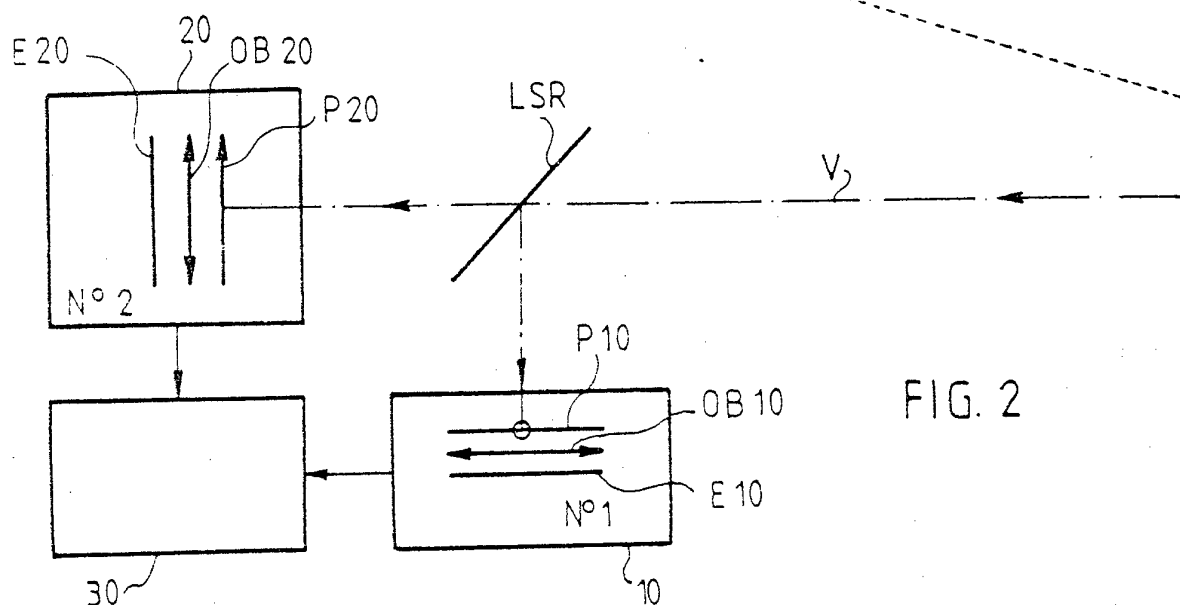
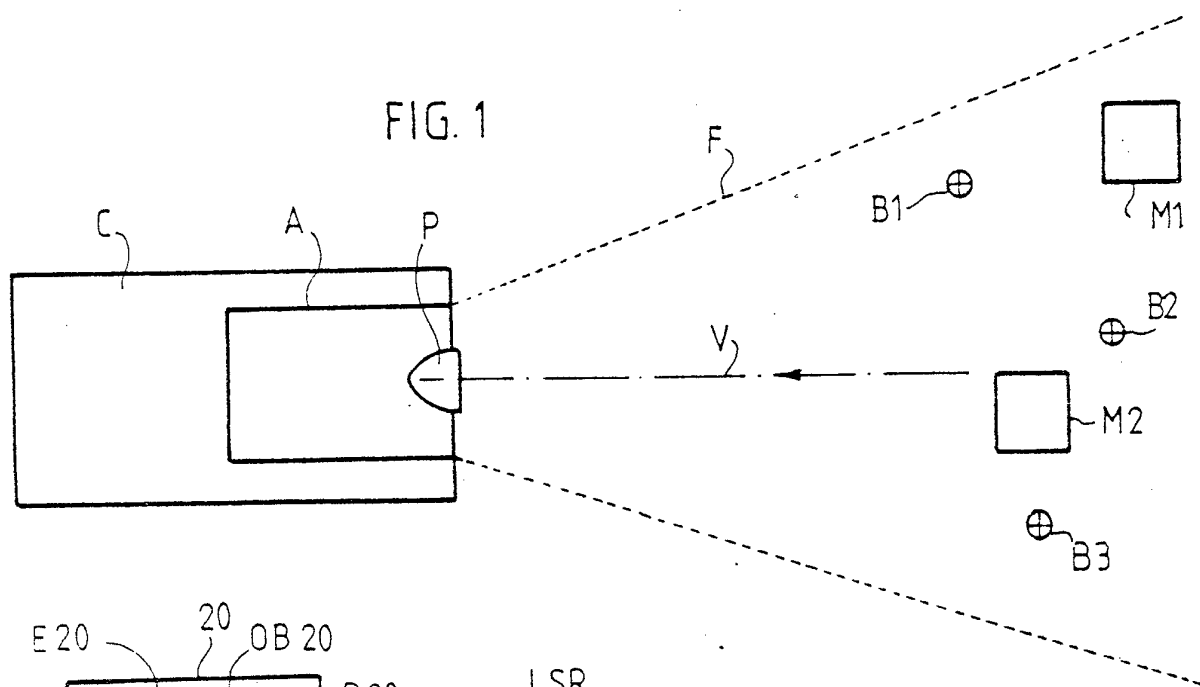


FIG. 4

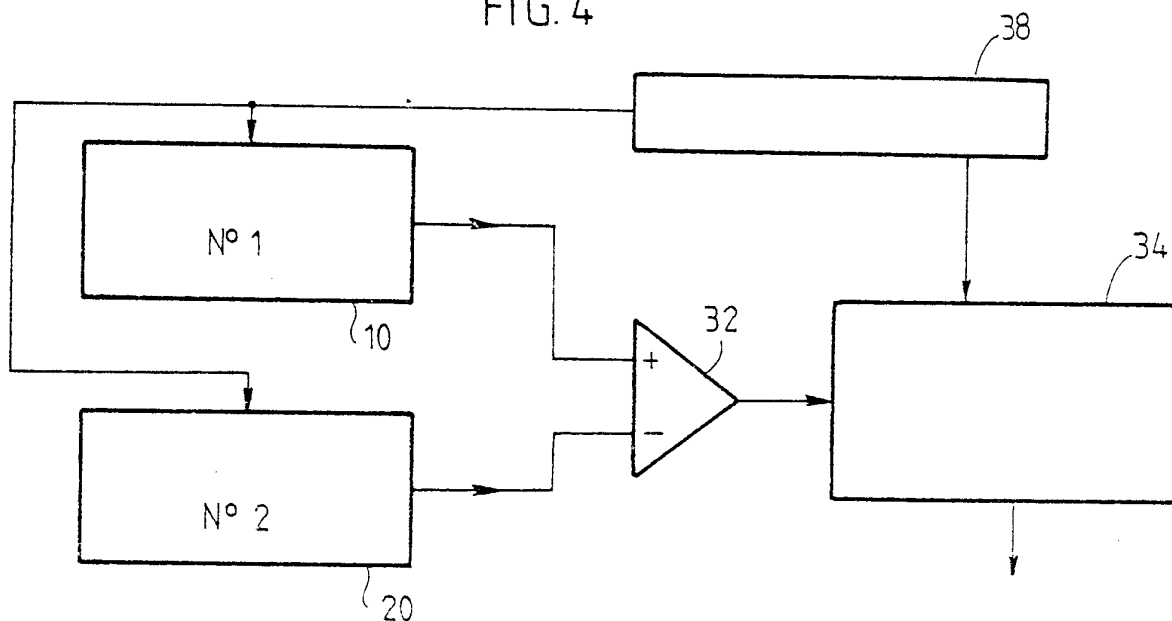


FIG. 5

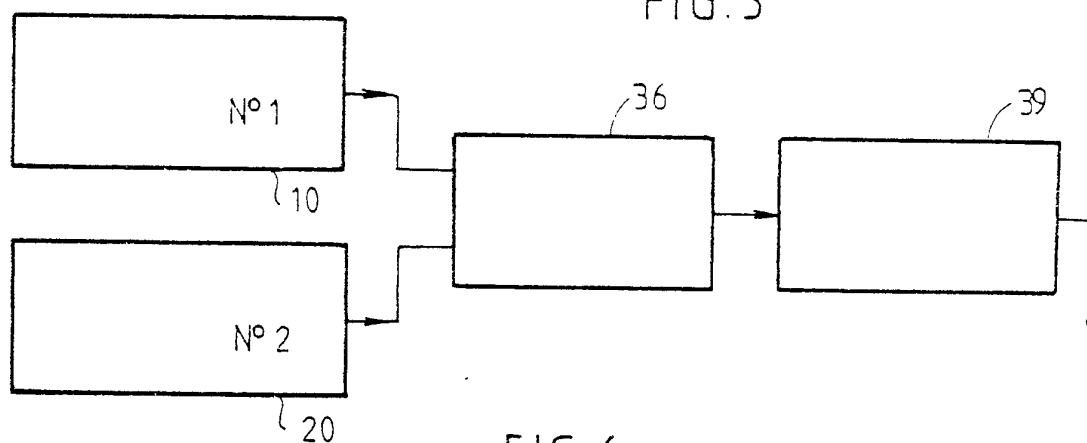
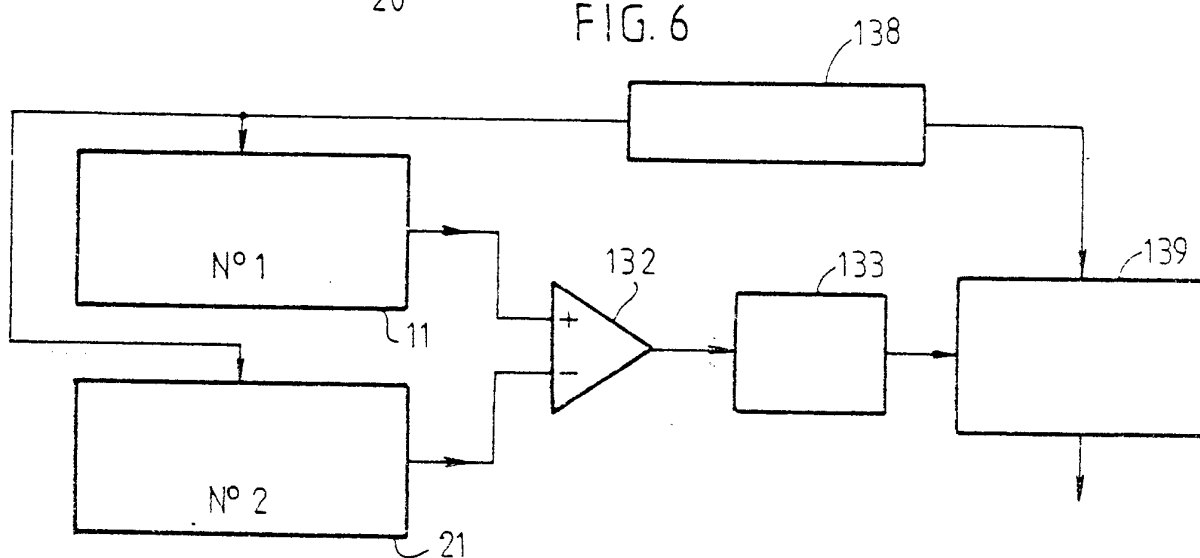


FIG. 6



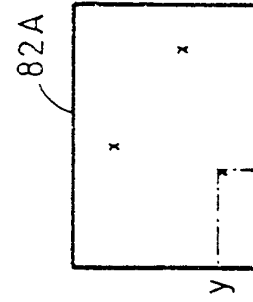
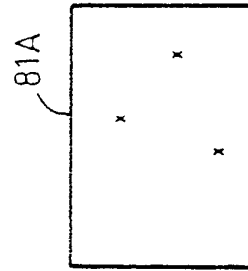
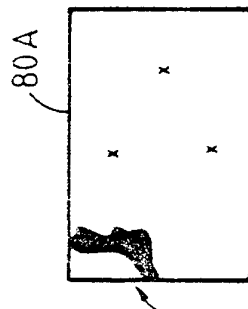
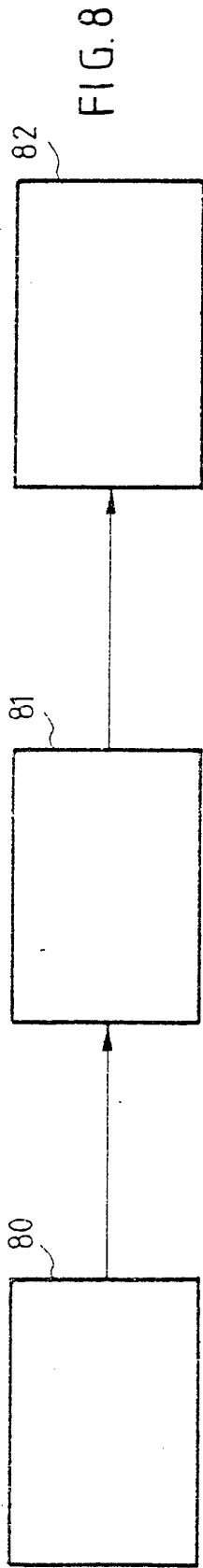


FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C

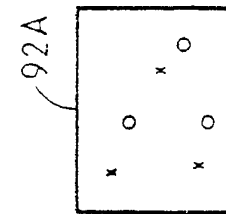
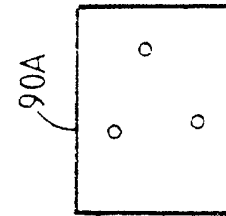
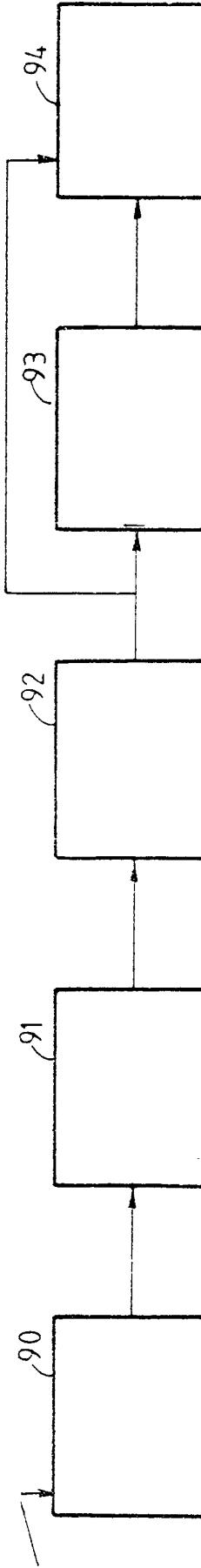


FIG. 9A

FIG. 9B